МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького

Факультет харчових технологій та біотехнології
Кафедра фізики і математики

ЗАТВЕРДЖУЮ
Деканеса факультету
_____ Коваль Г.М.
(ПІП , підпис)
"27" 06 2022 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ
(код і назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
(назва освітнього рівня)
галузь знань 16 "Хімічна та біоінженерія"
(назва галузі знань)
спеціальність 162 "Біотехнології та біоінженерія"
(назва спеціальності)
освітня програма "Біотехнології та біоінженерія"
(назва)
вид дисципліни за вибором
(обов`язкова / за вибором)

Львів – 2022 р.

Робоча програма з навчальної дисципліни "Математичне моделювання біотехнологічних процесів" для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальності 162 "Біотехнології та біоінженерія" за освітньою програмою "Біотехнології та біоінженерія"

Укладачі:

Доцентка кафедри фізики і математики, канд. фіз.-мат. наук, доц. _____ Сас Н.Б.
(посада, науковий ступінь та вчене звання) (ініціали та прізвище)

Робоча програма розглянута та схвалена на засіданні кафедри фізики і математики

протокол № 9 від "21" 06 2022 року

завідувач кафедри фізики і математики, д-р фіз.-мат. наук, проф. _____ .Коструба А.М.
(назва кафедри) (підпис) (прізвище та ініціали)

Погоджено навчально-методичною комісією
спеціальності 162 "Біотехнології та біоінженерія"
протокол № 6 від «24» 06 2022 р.
Голова НМКС Шемедюк Н.П.

Схвалено рішенням навчально-методичної
ради факультету харчових технологій та біотехнології
протокол № 3 від «24» 06 2022 р.
голова НМРФ _____ Михайлицька О.Р.
(підпис, прізвище та ініціали)

Ухвалено вченою радою факультету

протокол № 2 від «27» 06 2022 р.

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Всього годин	
	Денна форма здобуття освіти	Заочна форма здобуття освіти
Семестр	8	8
Кількість кредитів/годин	4/120	
Усього годин аудиторної роботи	36	–
в т.ч.:		
• лекційні заняття, год.	12	–
• практичні заняття, год.	–	–
•лабораторні заняття, год.	24	–
семінарські заняття, год.	–	–
Усього годин самостійної роботи	84	–
Форма контролю	Залік	

Примітка.
Частка аудиторного навчального часу студента у відсотковому вимірі:
для денної форми здобуття освіти – 30%

2. ПРЕДМЕТ, МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

2.1. Предмет, мета вивчення навчальної дисципліни

Предметом є вивчення математичних моделей процесів періодичного та безперервного культивування мікроорганізмів з врахуванням впливу різноманітних фізико-хімічних факторів та їх аналіз. Розглядаються методи визначення кількісних характеристик росту і розвитку мікробних культур, синтезу цільових продуктів, розрахунку оптимальних умов синтезу продуктів метаболізму.

Метою є набуття студентами знань та умінь в галузі математичного моделювання та аналізу процесів росту і розвитку популяцій в умовах періодичного та безперервного культивування, синтезу цільових продуктів.

Вивчення навчальної дисципліни “Математичне моделювання мікробіологічних процесів” ґрунтується на вивченні наступних освітніх дисциплін: “Фізика (з основами біофізики)”, “Вища математика”.

Здобуті знання з навчальної дисципліни “Математичне моделювання мікробіологічних процесів” є допоміжним інструментом при підготовці дипломної роботи.

2.2. Завдання навчальної дисципліни (ЗК, ФК)

Предметом дисципліни є вивчення математичних моделей процесів періодичного та безперервного культивування мікроорганізмів з врахуванням впливу різноманітних фізико-хімічних факторів та їх аналіз. Розглядаються методи визначення кількісних характеристик росту і розвитку мікробних культур, синтезу цільових продуктів, розрахунку оптимальних умов синтезу продуктів метаболізму.

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування у студентів необхідних компетентностей:

– **загальні компетентності**:

здатність аналізувати, аргументувати і ефективно комунікувати в процесі вирішення будь яких практичних ситуацій. (ЗК2)
Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями. (ЗК6)

Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. (ЗК7)
Здатність працювати як індивідуально так і в команді. (ЗК10)
Відповідальність за якість виконуваної роботи. (ЗК12)

– **фахові компетентності**:

Здатність використовувати знання з фізики, хімії та вищої математики в обсязі необхідному для засвоєння загально-інженерних та професійно-орієнтовних дисциплін. (ФК1)
Здатність застосовувати інформаційно-комунікаційні технології для вирішення прикладних задач, проведення технологічних, технічних та економічних розрахунків. (Ф10)
Здатність самостійно оволодівати новими знаннями, опрацьовувати навчальну літературу, використовуючи здобуті фундаментальні та професійні знання і навички. (Ф13)

2.3.Програмні результати навчання (Р)

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен бути здатним продемонструвати такі програмні результати навчання:

- У результаті вивчення навчальної дисципліни студент має бути здатним продемонструвати демонструвати базові знання з фундаментальних, природничих і загальноекономічних наук в обсязі необхідному для засвоєння загально-професійних та професійно-орієнтовних дисциплін. (ПКН 2);
- Знання з обчислюваної техніки та програмування, володіння навичками роботи з комп’ютером для вирішення задач спеціальності, з використанням базових положень інженерної та комп’ютерної графіки. (ПКН 4);
- Застосовувати сучасні методи для розв’язання практичних задач, пов’язаних з дослідженням і проектуванням біотехнологічних процесів. Використання знання з фізики для аналізу біотехнологічних процесів. (ПКН 5).

3. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

3.1.Розподіл навчальних занять за розділами дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	денна форма здобуття освіти (ДФЗО)						заочна форма здобуття освіти (ЗФЗО)					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб.	інд.	с.р.		л	п	лаб.	інд.	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Розділ 1. Культивування клітин мікроорганізмів												
Тема 1. Основи математичного моделювання і оптимізації технологічних процесів.	5	1	–	2	–	2	–	–	–	–	–	–
Тема 2. Культивування мікроорганізмів.	5	1	–	2	–	2	–	–	–	–	–	–
Тема 3. Процес росту популяції мікроорганізмів. Кінетичні криві росту біомаси.	6	2	–	2	–	2	–	–	–	–	–	–
Тема 4. Кінетика ферментативних реакцій Міхаеліса − Ментен. Фізико- хімічне	6	1	–	2	–	3	–	–	–	–	–	–

обґрунтування рівняння Моно.												
Тема 5. "Мікроскопічний" підхід до кінетики росту біомас.	7	1	–	4	–	2	–	–	–	–	–	–
Засвоєння лекційного матеріалу, підготовка до лабораторних занять, контрольних та самостійних робіт	31	–	–	–	–	31	–	–	–	–	–	–
Разом за розділом 1	**60**	**6**	**–**	**12**	**–**	**42**	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**
Розділ 2. Кінетичні моделі росту біомаси												
Тема 6. Відомі кінетичні моделі росту біомас. Математична модель росту біомаси за Мальтусом-Моно-Ісрусалімським.	7	2	2	–	–	3	–	–	–	–	–	–
Тема 7. Інгибування росту мікроорганізмів. Модель РЛК.	10	2	4	–	–	4	–	–	–	–	–	–
Тема 8. Одноступеневе гомогенне безперервне культивування.	7	1	4	–	–	2	–	–	–	–	–	–
Тема 9. Багатоступеневе гомогенне безперервне культивування.	5	1	2	–	–	2	–	–	–	–	–	–
Засвоєння лекційного матеріалу, підготовка до лабораторних занять, контрольних та самостійних робіт	31	–	–	–	–	31						
Разом за розділом 2	**60**	**6**	**12**	**–**	**–**	**42**	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**
Усього годин	**90**	**18**	**18**	**–**	**–**	**54**	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**

3.2.Лекційні заняття

№ з/п	Назви тем та їх короткий зміст	Кількість годин	
		ДФЗО	ЗФЗО
1	**Тема 1. Основи математичного моделювання і оптимізації технологічних процесів.** Основні визначення та завдання математичного моделювання. Основні напрямки побудови математичних моделей. Класифікація та схема побудови математичних моделей процесів харчових виробництв.	1	–
2	**Тема 2. Культивування мікроорганізмів.** Основи росту мікроорганізмів. Періодичне культивування мікроорганізмів. Неперервне культивування мікроорганізмів	1	–

3	**Тема 3. Процес росту популяції мікроорганізмів. Кінетичні криві росту біомаси.** Кінетична крива росту популяції мікроорганізмів у періодичному процесі. Постулати Мальтуса і Моно. Математичний опис росту біомаси.	2	–
4	**Тема 4. Кінетика ферментативних реакцій Міхаеліса − Ментен. Фізико- хімічне обґрунтування рівняння Моно.** Найпростіша схема взаємодії клітини з субстратом. Схема з рівноважним «насиченням» клітин мікроорганізму субстратом.	2	–
5	**Тема 5. "Мікроскопічний" підхід до кінетики росту біомас.**	2	–
6	**Тема 6. Відомі кінетичні моделі росту біомас. Математична модель росту біомаси за Мальтусом-Моно-Ісрусалімським.** Визначення ємності ферментера періодичної дії за Мальтусом-Моно-Ісрусалімським.	2	–
7	**Тема 7. Інгибування росту мікроорганізмів. Модель РЛК.** Інтегральна форма рівняння росту мікробної популяції. Визначення ємності ферментера періодичної дії на основі РЛК моделі.	1	–
8	**Тема 8. Одноступеневе гомогенне безперервне культивування.** Розрахунок ємності апаратів безперервної дії. Одноступеневе гомогенне культивування з рециркуляцією біомаси. Розрахунок ємності одноступеневого ферментера безперервної дії за моделлю Моно-Ієрусалімського на основі РЛК моделі.	1	–
9	**Тема 9. Багатоступеневе гомогенне безперервне культивування.** Від'ємно-доливний метод культивування біомас. Розрахунок ємності багатоступеневого ферментера безперервно дії за моделлю Моно-Ієрусалімського та на основі РЛК моделі.	2	–
Усього годин		12	–

3.3. Лабораторні заняття

№ з/п	Назви тем та їх короткий зміст	Кількість годин	
		ДФЗО	ЗФЗО
1	Основи математичного моделювання і оптимізації технологічних процесів.	2	–
2	Моделювання біологічних процесів людини.	4	–

3	Конкурентне виключення особин	4	–
4	Експоненціальний ріст біомаси	4	–
5	Визначення ємності ферментера періодичної дії.	4	–
6	Визначення ємності ферментера безперервної дії.	4	–
7	Використання транспортної задачі в Excel з використанням пошук рішення.	2	–
Усього годин		**24**	**–**

3.4.Самостійна робота

№ з/п	Назви тем та їх короткий зміст	Кількість годин	
		ДФЗО	ЗФЗО
1	Загальні принципи моделювання популяції мікроорганізмів. Способи опису кінетики росту популяції мікроорганізмів.	2	–
2	Кінетика росту мікроорганізмів в періодичних умовах	2	–
3	Модель Ферхюльста. Рівняння росту мікроорганізмів в інтегральної формі.	2	–
2	Найпростіша схема взаємодії клітини з субстратом.	2	–
4	"Мікроскопічний" підхід до кінетики росту біомас.	2	–
5	Модель Бергтера. Модель частково інгібуючого продукту. Модель стимулюючого продукту. «Багатосубстратні» рівняння.	2	–
6	Визначення ємності ферментера періодичної дії.	4	–
7	Одноступеневе гомогенне культивування з рециркуляцією біомаси.	2	–
8	Визначення об'ємів ферментерів на основі математичних кінетичних моделей, що відображають реальні процеси мікробіологічного синтезу.	4	–
	Разом тематична самостійна робота	**22**	**–**
	Засвоєння лекційного матеріалу, підготовка до практичних занять, контрольних та самостійних робіт	**62**	**–**
Усього годин		**84**	**–**

4. ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Індивідуальне завдання виконується за бажанням здобувача вищої освіти з метою покращення балу поточного контролю. На основі аналітичного огляду відповідних джерел, літератури, використовуючи інформацію, отриману під час навчальних занять, підготувати і викласти своє бачення з відповідних питань:

1. Культивування мікрооганізмів в режимі хемостата. Інгибування продуктом: конкурентне інгибування продуктом; неконкурентне інгибування продуктом; інгибування іонами водню.
2. Культивування мікроорганізмів в режимі хемостата: інгибування субстратом; стаціонарні рівні концентрації субстрату; стаціонарні рівні концентрації біомаси і продукту ферментації.

5. МЕТОДИ НАВЧАННЯ

Під час вивчення предмету використовуються методи: проблемно-програмованого навчання, пошукові, дослідницькі, спонукальні.

Лекції проводяться у формі бесіди, дискусії, з використанням з використанням мультимедійного супроводу та різного роздаткового матеріалу. Лабораторні заняття проводяться у формі розв’язання ситуаційних задач, пошукових та розрахункових робіт.

6. МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Форми проведення поточної перевірки:

- усна співбесіда;
- письмове фронтальне опитування;
- письмова перевірка з урахуванням специфіки предмету;
- експрес-контроль;
- консультація з метою контролю;
- домашнє завдання групового чи індивідуального характеру;
- перевірки виконання самостійної роботи тощо.

7. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ СТУДЕНТІВ

Контроль успішності студентів денної форми здобуття освіти

Контроль результатів навчання студентів є необхідним елементом освітнього процесу. Контроль забезпечує об'єктивну оцінку якості освітньої діяльності. Суть контролю полягає у виявленні та вимірюванні компетентностей студентів, у взаємопов'язаній діяльності викладача і студента.

Оцінювання результатів навчання студентів здійснюється шляхом проведення поточного та підсумкового контролю (залікового).

Оцінювання результатів навчання проводиться в балах, максимальна кількість яких за кожний підсумковий контроль становить 100. Кожній сумі балів відповідає оцінка за національною шкалою та шкалою ЄКТС (табл. 1).

Максимальна кількість балів протягом семестру становить 100 балів, які може набрати студент за семестр.

Таблиця 1 - **Шкала оцінювання: національна та ECTS**

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену	для заліку
90–100	**A**	відмінно	Зараховано
82-89	**B**	добре	
74-81	**C**		
64-73	**D**	задовільно	
60-63	**E**		
35-59	**FX**	незадовільно з можливістю повторного складання	незараховано з можливістю повторного складання
0-34	**F**	незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов’язковим повторним вивченням дисципліни

Поточний контроль проводиться за кожною вивченою темою шляхом опитування (тестового, усного тощо). Результати поточного контролю оцінюються за чотирибальною системою (табл. 2).

Таблиця 2. - **Критерії поточного оцінювання**

Відповідь, виступ, контрольна робота виконання завдання	Критерії оцінки
5	У повному обсязі володіє навчальним матеріалом, вільно самостійно та аргументовано його викладає, глибоко і всебічно розкриває зміст, використовуючи при цьому обов’язкову та додаткову літературу. Правильно

	вирішив 90% тестових завдань.
4	Достатньо повно володіє навчальним матеріалом, обґрунтовано його викладає, в основному розкриває зміст завдань, використовуючи при цьому обов'язкову літературу. Але при викладанні деяких питань не вистачає достатньої глибини та аргументації, допускаються при цьому окремі несуттєві неточності та незначні помилки. Правильно вирішив більшість тестових завдань.
3	У цілому володіє навчальним матеріалом, викладає його основний зміст, але без глибокого всебічного аналізу, обґрунтування та аргументації, допускаючи при цьому окремі суттєві неточності та помилки. Правильно вирішив половину тестових завдань.
2	Не в повному обсязі володіє навчальним матеріалом. Фрагментарно, поверхово (без аргументації та обґрунтування) викладає, недостатньо розкриває зміст теоретичних питань і практичних завдань, допускаючи при цьому суттєві неточності, правильно вирішив меншість тестових завдань.

В кінці семестру обчислюється середнє арифметичне значення (САЗ) усіх отриманих студентом оцінок з наступним переведенням його у бали за формулою:

$$ПК = \frac{100 \cdot САЗ}{5} = 20 \cdot САЗ.$$

Бал з поточного контролю може бути змінений за рахунок заохочувальних балів студентам, які не мають пропусків занять протягом семестру (додається 2 бали); за участь в університетських студентських олімпіадах, наукових конференціях (додається 2 бали), на міжвузівському- рівні (додається 5 балів); за інші види навчально-дослідної роботи бали додаються за рішенням кафедри.

8. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

1. Підручники та навчальні посібники.
2. Конспект лекцій з дисципліни.
3. Мультимедійні презентації для проведення лекцій.
4. Матеріали для самостійного вивчення на електронних носіях.
5. Тестові контрольні питання для поточного контролю знань.
6. Завдання для проведення контрольних робіт.
7. Сас Н.Б., Вихрист О.М. Вища математика. Інтегральне числення навчально- практичний посібник: Львів. 2019. 106 с.

9. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Базова

1. Варфоломеев СД, Калюжный С.В. Биотехнология: Кинетические основы микробиологических процессов: Учеб. пособие для биол. и хим. спец., вузов. − М.: Высш. шк, 1990. − 296 с.
2. Математичні вказівки до самостійного вивчення курсу "Математичне моделювання мікробіологічних процесів" для студентів базового напряму "Біотехнологія". / Укладачі: Василюк С.В. – Видавництво кафедри ТБСФБ НУ "ЛП". – 2011. – 15с.
3. Гапонов К.П. Процессы и аппараты микробиологических производств. - М.: Легк. пром-сть, 1981. − 240 с.
4. Сидоров Ю.І., Влязло Р.Й., Новіков В.П. Процеси і апарати мікробіологічної та фармацевтичної промисловості. Технологічні розрахунки. Приклади і задачі. Основи проектування: Навчальний посібник.С347 Львів: "Інтелект-Захід", 2008, - 736 с.
5. Бирюков В.В. Основы промышленой биотехнологии. – М.: КолосС, 2004. – 296с.
6. Марков К.И. Зксперимента́льная микробиология. − София, 1965. − 284 с.

7. Складнев А.А., Васильєв Н.Н. Амбросов В.А. Основные направлення в моделировании кинетики роста популяции микроорганизмов. // Ж. Всес. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева. − 1972. − Т. 12, №5. − С.494-503.

Допоміжна:

1. Ленинджер А. Биохимия./пер. с англ. под ред. А.А.Баева и Я.М.Варшавского. - М: Мир.1974. − 957 с.
2. Кобозев Н.И. Термодинамические фактори в кинетике автоката-литического размноженмя простих и сложных г/рототипов II Журнал// физической химии, 1962. − т.36, вып. 1. − С.21-31.
1.

10. ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

1. Віртуальне навчальне середовище Moodle. http://moodle.lvet.edu.ua/moodle/course/view.php?id=2546
2. Сайт кафедри фізики і математики. https://lvet.edu.ua/index.php/kafedra-fizyky-i-matematyky.html